

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA**

Hornicko – geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**VYUŽITÍ RECYKLÁTŮ PŘI VÝROBĚ PLASTOVÝCH DÍLŮ
VSTŘIKOVÁNÍM**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Jakub Jedinák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miluše Hlavatá, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: Jakub Jedinák
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R022 Zpracování a zneškodňování odpadů
Téma: Využití recyklátů při výrobě plastových dílů vstřikováním
Use of recycled products in the production of plastic components by
injection moulding

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Popis technologie vstřikování při výrobě plastových dílů
3. Příprava vstupní suroviny s přídavkem recyklátů pro technologii vstřikování
4. Ekonomické zhodnocení při vyšším využití recyklátů ve vstupní surovině
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


KOLOUCH, Jan. Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. 1. vyd. Praha : SNTL, 1986. 229 s.
SOVA, Miloš, KREBS, Josef. Termoplasty v praxi : Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů. 5. aktualiz. vyd. Praha : Verlag Dashöfer, 1999-2000. růz s., CD-ROM. ISBN 80-86229-15-7.
ZEMAN, Lubomír. Vstřikování PLASTŮ. Praha : Nakladatelství BEN technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3.

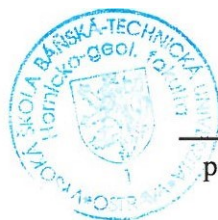
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

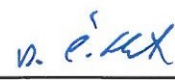
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miluše Hlavatá, Ph.D.

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí institutu




prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.
pověřený vedením fakulty

Prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména S 35 - využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a S 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (S 35 odst. 3)

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencovaná pod Creative Commons AttributionNonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu S 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26. 4. 2017

Jedinák Jakub



Poděkování:

Tímto chci poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Miluši Hlavaté, Ph.D., za pomoc, vstřícnost, a hlavně trpělivost při vypracování této práce. Dále chci poděkovat firmě Forteq Czech, s.r.o. za ochotu při poskytování materiálů a fotografií jejího provozu a také své rodině.

Anotace:

Bakalářská práce je zaměřena na technologii vstřikování plastových dílů. Popisuje zařízení vstřikolisu, přípravu materiálu, který je popsán do podrobnějších postupů a také se zabývá po ekonomické stránce způsobem recyklace polymerního odpadu.

Klíčová slova: vstřikován, vstřikolis, příprava materiálu, recyklát

Summary:

This bachelor's thesis is focused on injection moulding technology of plastic parts. It describe technology details as moulding machine components and peripherals, materiál preparation (which is descriebed in deeper detail) and also is focused on economic aspect of plastic material recycling and re-usage.

Key words: Injection moulding proces, injection moulding technologie, material preparation, regrind

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	POPIS TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PŘI VÝROBĚ PLASTOVÝCH DÍLŮ	2
2.1	Historie vstřikolisů.....	2
2.2	Základní rozdělení vstřikolisů	3
2.2.1	Rozdělení dle způsobu použití	3
2.2.2	Rozdělení dle způsobu pohonu	3
2.3	Konstrukce vstřikolisu	4
2.4	Proces vstřikování.....	7
2.5	Vstřikovací forma	7
2.6	Periférie k výrobě plastových dílů	8
2.7	Temperační jednotka.....	10
3	PŘÍPRAVA VSTUPNÍ SUROVINY S PŘÍDAVKEM RECYKLÁTŮ PRO	11
TECHNOLOGII VSTŘIKOVÁNÍ	11	
3.1	Postupy přípravy před zpracováním plastového granulátu	15
3.1.1	Skladování materiálu	15
3.1.2	Sušení materiálu.....	16
3.1.3	Měření vlhkosti materiálu	19
3.1.4	Důsledky nedostatečného vysušení materiálu	21
3.2	Doprava materiálu.....	21
3.2.1	Vývěva	23
3.2.2	Plnicí jednotka se sací jednotkou	23
3.2.3	Směšování materiálu.....	24
4	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PŘI VYŠŠÍM VYUŽITÍ RECYKLÁTŮ VE	28
VSTUPNÍ SUROVINĚ.....	28	
4.1	Možnosti recyklace	28
4.1.1	Typy recyklací	28
4.2	Rozdělení odpadů vznikající při výrobě	29

4.3	Zařízení na zpracování odpadu	30
4.3.1	Mlýny.....	30
4. 2	Ekonomické zhodnocení recyklátu v projektu.....	31
5	ZÁVĚR	35
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	36
	SEZNAM ZKRATEK	38
	SEZNAM OBRÁZKŮ	39
	SEZNAM TABULEK.....	40

1 ÚVOD

V současné době je technologie vstřikování jedna z nejdůležitějších a nejrozšířenějších technologií v automobilovém a leteckém průmyslu, zdravotnictví, nebo různých domácích spotřebičích, bez kterých si už život nedokážeme ani představit.

Nejvíce se používá pro výrobu plastových dílů, které mají buď charakter konečného výrobku anebo polotovaru, či dílu pro další zkompletování samostatného celku.

Technologií vstřikování je možné vyrábět tisíce až miliony kusů měsíčně, přičemž počet kusů, který lze měsíčně vyrobít je závislý na celkovém nastavení výrobního procesu, složitosti vstřikovaného dílu a použitého materiálu. Tento proces je možné zařadit do velmi krátkého výrobního cyklu a výrobky zhotovené tímto procesem lze vyznačit velmi dobrou rozměrovou i tvarovou přesností a také vysokými mechanickými a fyzikálními vlastnostmi. Ovšem před tím, než je možné určitý výrobek vyrobit pomocí vstřikování, musí být navržena a vyrobena příslušná vstřikovací forma. Vstřikovací forma jako taková je velice komplexní systém složený z rozličných komponent, které jsou vystaveny vysokému počtu cyklů mechanického a tepelného namáhání. Také je potřeba zajistit správnou teplotu formy, pomocí temperačních zařízení, odkládání hotových výlisků robotickým manipulátorem, a především plastový granulát co nejpřesněji připravit vhodným sušením s konečnou optimální zbytkovou vlhkostí a správnou volbou dopravy k vstřikovací jednotce.

S rostoucí výrobou vstřikování plastových materiálů se také zvyšuje i množství vzniklého odpadu, který je nutno odstranit. Je tedy především důležité zajistit ekonomickou efektivnost výroby a najít tak možnosti úspor při výrobě bez negativního vlivu na životní prostředí. Z tohoto důvodu se výrobci snaží tento technologický odpad dát k opětovnému zpracování ke kterému využívají přístroje určené k recyklaci.

Cílem této práce je na základě studia dostupných zdrojů, jakož i vlastních zkušeností s provozováním řešené technologie podat obecnou charakteristiku využití recyklátu při výrobě plastových dílů vstřikováním v reálném provozu, včetně ekonomického zhodnocení vyššího objemu takto zpracovávaných odpadních plastů.

2 POPIS TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PŘI VÝROBĚ PLASTOVÝCH DÍLŮ

Ke zpracování plastů se používá řada technologií a jak to, tak bývá, každá z nich má své výhody a nevýhody. S ohledem na praxi je nejčastěji používanou technologií vysokotlaké vstřikování termoplastů pomocí vstřikolisů. Výhodou zpracování polymerních materiálů je rozmanitost použité technologie. Každá z těchto technologií má svou širokou oblast využití. Nevýhodou těchto technologií je široké spektrum použitých materiálů, které vyžadují rozdílné provozní nastavení a podmínky ke zpracování. Vzhledem k tématu této práce se věnuji pouze vstřikování plastů.

2.1 Historie vstřikolisů

Historie vstřikolisů je delší, než se může na první pohled zdát. Paradoxní fakt je, že samotné zařízení pro zpracování plastů vzniklo později než samotný zpracovatelský materiál.

V roce 1872 si Američan John Wesley Hyatt spolu se svým bratrem Isahiaem nechal patentovat první vstřikolis. Zařízení to bylo vskutku jednoduché, a to zejména při porovnání s dnešními technologiemi. V principu se jednalo pouze o velkou injekční jehlu s formou na jejím konci, do které za pomoci pístu vstupoval přes vyhřívaný válec plast – celulóza. Po dlouhou dobu toto výrobní odvětví postupovalo velice pomalu a vyrábělo malé a nenáročné produkty. Avšak pevné základy byly jednou a pro vždy založeny. [1]

Pro urychlení vývoje vstřikolisů byla bezpochyby 2. světová válka. Její potřebu masivní a laciné výroby nemohlo totiž naplnit nic jiného. V roce 1946 americký vynálezce James Watson Hendry postavil první vstřikolis se šroubovicí – šnekem místo pístu, což umožnilo mnohem větší kontrolu nad kvalitou výrobku a zlepšilo celkovou efektivnost. Od té doby je vývoj v oblasti vstřikolisů více či méně evoluční, nikoliv revoluční. [1]

V současnosti mezi hlavní leadery v oboru patří německé firmy Engel, Arburg a Krauss Maffei. Opomenout bychom také neměli japonské značky Toshiba a Fanuc vyznačující se, jak už je ostatně zvykem, svou precizností a kvalitou. Avšak nabídka trhu je tak obrovská a různorodá, že vyjmenovat zde všechny výrobce zkrátka není možné.

2.2 Základní rozdělení vstřikolisů

Vstřikolisy je možné rozdělit podle způsobu použití, respektive dle způsobu upínání vstřikovací formy a podle způsobu pohybu jednotlivých funkčních součástí. Způsob použití je určen rovinou umístění vstřikovací trysky. Z tohoto pohledu můžeme rozdělit použití lisů na horizontální a vertikální. Pohon jednotlivých součástí lisů nám určuje další skupinu, kterou jsou lisy mechanické, hydraulické, elektrické a hybridní. [2]

2.2.1 Rozdělení dle způsobu použití

Horizontální vstřikolisy

Horizontální vstřikovací lisy jsou nejrozšířenějšími stroji pro zpracování plastů. Jejich výrobou se zabývají po celém světě desítky a možná i stovky producentů. Nejmenší stroje disponují uzavírací silou v řádu desítek kN, největší stroje dosahují uzavíracích sil do zhruba 60 MN (6 000 t). Největší vyrobený stroj má uzavírací sílu 80 MN a v podstatě jde o dva stroje o uzavěru 4 000 t, které pracují dohromady. [2]

Vertikální vstřikolisy

Používají se pro speciální aplikace. Upínací desky mají horizontální plochy pro upnutí forem. Horní deska je pohyblivá ve vertikálním směru, spodní deska je pohyblivá v horizontálním směru. Pohyb spodní desky je umožněn buď rotací kulatého otočného stolu anebo přesuvným pohybem posuvného stolu. V obou těchto případech pak má forma jednu polovinu formy na horním stole a dvě identické spodní poloviny na spodním stole. Vstřikovací jednotku je pak možné umístit u menších strojů vertikálně do osy stroje. U větších strojů je obvyklé umístění vstřikovací jednotky v horizontální rovině. [2]

2.2.2 Rozdělení dle způsobu pohonu

Mechanické – manuální vstřikolisy

Jednalo se o prvopočátek vývoje vstřikolisů. V principu se jedná o velmi jednoduché manuální zařízení, kde jsou veškeré pohyby aktivovány ručně za pomoci šroubových anebo pákových mechanismů. V 21. století mají tato zařízení místo pouze v dílnách, nebo garážích nadšenců a kutilů. Z původních vstřikovacích zařízení se staly exponáty v technických muzeích či výstavních síních výrobců moderních vstřikolisů. [2]

Hydraulické vstřikolisy

V současnosti se jedná o nejvíce rozšířený stroj. Základem je hydraulický obvod s regulací tlaku a objemovým průtokem realizovaný pomocí čerpadel s elektrickou regulací. Díky tomu je možné plynulé ovládání veškerých pohybů, respektive vstřikovacího procesu jako celku. [2]

Elektrické vstřikolisy

Jak už z názvu plyne, tam kde hydraulické vstřikolisy používají pro přenos výkonu hydraulické médium, plně elektrické vstřikolisy hydraulický olej vůbec nepotřebují. Veškeré pohyby stroje jsou aktivovány servomotory, které jsou řízeny pomocí frekvenčních měničů. Jedná se o přirozený vývoj, ve kterém jsou zastaralé, méně účinné technologie nahrazeny lepšími, účinnějšími. [2]

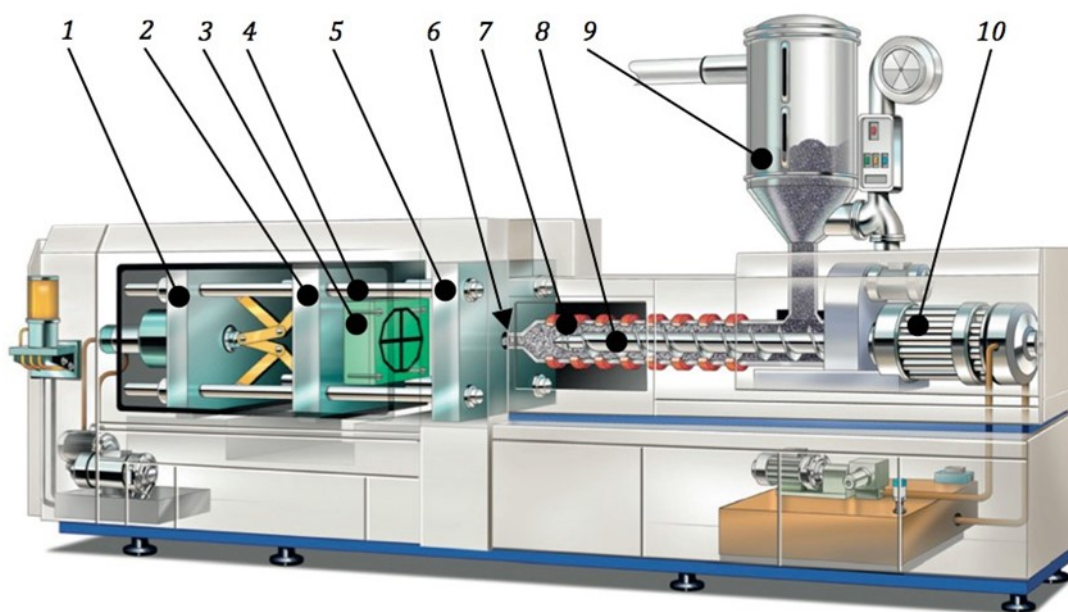
Hybridní vstřikolisy

Jedná se o kombinaci technologií hydraulický a elektrických vstřikolisů, která zahrnuje spojení výhod a celkově se tak zvedá účinnost výrobní technologie. Pro kombinaci pohonů musí být vždy brána v potaz daná aplikace, což zahrnuje především velikost konkrétní produkce, design výrobku a výrobní cyklus jako celek. [2]

2.3 Konstrukce vstřikolisu

Vstřikolis se skládá z několika částí. Mezi nejdůležitější části vstřikolisu patří uzavírací jednotka a vstřikovací jednotka. Dalšími součástmi jsou plastikační válec, násypka materiálu, rám stroje vstřikovací jednotky, rozvaděč, obslužný panel s plochou obrazovkou a klávesnicí, rám stroje uzavírací jednotky. Schéma jednotlivých součástí je znázorněno na obr. 1. [3]

Pro zajištění základních funkcí je nezbytné zajistit nutné požadavky kterými jsou správné propojení tak, aby vstřikovací stroj a podle potřeby i vstřikovací nástroj a periferie byly napojeny na zdroj elektrické energie (především stroj, na který jsou napojeny periferie), vodní okruh (chlazení stroje, temperace vstřikovací formy) a případně zdroj stlačeného vzduchu (vstřikovací forma a další periferie, jako např. robot). Ve všech případech je daný zdroj napojen na centrální rozvaděč, který zajišťuje jeho regulaci a nasměrování k systémům, kde má své využití (elektřina – rozvodná a pojistková skříň, voda – regulátory průtoku případně teploty, vzduch – regulátory tlaku). [3]



Obrázek 1 Vstřikovací stroj [17]

Legenda:

1 uzavírací jednotka;
2 pohyblivá upínací deska vstřikolisu;
3 pohyblivá část vstřikovací formy;
4 vodící sloupky vstřikolisu;
5 pevná upínací deska vstřikolisu;

6 čelo špičky vstřikovací trysky vstřikolisu;
7 tavicí komora;
8 vstřikovací jednotka;
9 násypka pro plastový polotovar;
10 pohon vstřikovací jednotky;

Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje zajišťuje upnutí a plynulé pohyby vstřikovací formy a skládá se z několika samostatných prvků a mechanismů. [3]

Základem uzavírací jednotky je pevná a pohyblivá upínací deska s vhodným upínacím systémem pro formu a mechanismem pro pohyby a vytvoření potřebné uzavírací síly, která působí proti vstřikované tavenině a drží formu uzamčenou. Uzamykací síla je vyvozena buďto mechanicky (dojde k mechanickému zapříčení formy v potřebné poloze), hydraulicky (potřebná síla je vyvozena hydraulickým pístem) nebo kombinací obou systémů. Dále vodící tyče, které zajišťují přesnou rovnoběžnost obou upínacích desek a vyhazovací mechanismus. Uzavírací jednotka se dle mechanismu pro vyvození uzavírací síly dělí na mechanické a hydraulické.

Mechanickým se rozumí kloubový systém, který využívá soustavy dynamických členů pro pohyb uzavření formy. Kloubový systém nejčastěji využívá pro pojezd elektromotory. Jejich největší výhodou je přesnost pohybu. Dalším možným pohonem kloubového

mechanismu je hydraulická soustava. Nevýhodou tohoto systému je menší přesnost oproti elektrickému pojezdu, přítomnost vodících tyčí, netěsnost hydraulické soustavy a čištění pracovního media (oleje).

Hydraulický mechanismus využívá pro vytvoření uzavírací síly jako pracovní medium hydraulický olej. Funkční princip je prakticky stejný jako hydraulický pohon kloubového mechanismu. Nevýhodou tedy zůstává netěsnost hydraulické soustavy a nutnost čištění oleje. Výhodu tohoto systému je možná absence vodících tyčí, což má za následek zlepšení přístupu pro obsluhu a údržbu stroje.

Tabulka 1 Srovnání kloubového a přímého hydraulického uzavíracího systému

	Kloubový uzavírací systém	Přímý hydraulický systém
Mechanismus	Malý hydraulický válec řídí pohyb kloubového systému, ve kterém se páčkovým mechanismem znásobuje vstupní hydraulická energie	Uzavírací sílu vytváří hydraulický válec přímým působením na pohyblivou desku
Vyvození srovnatelné uzavírací síly	Pouze přibližně 80 % vstupní energie vykoná srovnatelnou práci jako přímý hydraulický systém	100 % energie na vstupu
Maximální uzamykací síla	Pákový mechanismus kloubového systému umožňuje propnutím všech kloubů v systému navýšit uzamykací sílu až o 20 % sílu uzavírací	Uzamykací síla odpovídá uzavírací
Proměnlivost uzavírací síly	Vlivem tepelného roztažení kovových prvků kloubového mechanismu může docházet k rozdílům v dosažených uzamykacích silách v průběhu výroby	Pokud se výrazně nemění teplota a viskozita hydraulické kapaliny, je proměnlivost vyvozené síly minimální
Rozložení síly	Síla rozložena do bodů, ve kterých je kloubový mechanismus v kontaktu s pohyblivou upínací deskou	Ideální rozložení, síla je koncentrována do středu pohyblivé desky
Operační rychlosti	Velmi rychlý a pružně reagující systém s ideálním nelineárním průběhem v závislosti na dráze	Vyšší rychlosti vyžadují zajištění velkého průtoku oleje v hydraulickém systému, rychlost pohybu v závislosti na dráze má spíše lineární charakter, nutnost přesného řízení
Nastavení výšky formy	Nutnost mechanického nastavení	Automatické nastavení polohy pístu
Údržba	Nutnost promazávat mechanismus	Bezúdržbové

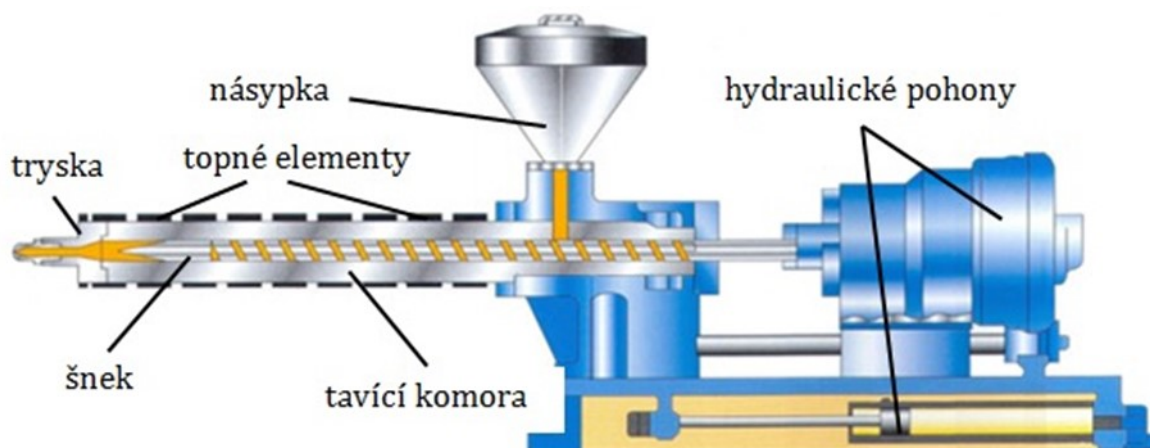
Vstřikovací jednotka

Účelem vstřikovací jednotky je převést surový materiál v podobě granulí do podoby homogenní taveniny – plastifikace a její následný vstřik do dutiny formy. [3]

Během plastifikace šnek rotuje a z hrdla násypky odebírá granulát, který postupně sune vpřed. Tím, jak granulát prostupuje skrze šroubovici, která má rozdílný kompresní poměr, je kontinuálně stlačován což vede nejprve k vytěsnění vzduchu a následně i k postupnému tání granulí v důsledku tepla vyvolaném vlastním třením a podporovaném odporovými pásy na komoře. Přitom zhruba 60 % potřebné energie je získáno třením a pouze 40 % topnými pásy. [3]

Takto vzniklá tavenina se hromadí před čelem šneku a ten během otáčení ustupuje dozadu. Po vytvoření potřebné dávky se otáčivý pohyb šneku zastaví a tavenina je připravena k další fázi výrobního cyklu – vstřikování. [3]

Vstřikování je realizováno pomocí dopředního – pístového pohybu šneku. Aby tavenina před čelem šneku neměla tendenci téct šnekovým kanálem nazpět, je šnek zakončen tzv. zpětným uzávěrem – ventilem. V principu se jedná o rozměrově přesně definovaný kroužek, který je volně uložen ve špičce šneku a při dopředním pohybu šneku uzavře šnekový kanál. Schéma jednotlivých součástí vstřikovací jednotky je znázorněno na obr. 2. [3]



Obrázek 2 Vstřikovací jednotka a její části [18]

Legenda:

*Tavicí komora – jedná se o dutý válec;
Šnek – speciálně designovaná šroubovice vsazená do komory tak, aby vyplnila celý její prostor při zachování pracovních vůlí mezi vnitřní stěnou komory a vnějším průměrem šneku;*

*Topné elementy – jedná se odporové topné pásy, které napomáhají plastifikaci;
Tryska – zajišťuje spojení mezi komorou a formou;
Násypka – slouží jako zásobník pro granulát;
Hydraulické pohony – zajišťují rotaci šneku;*

2.4 Proces vstřikování

Plast v podobě granulí je z násypky, která je přímo spojena se vstřikovací/plastifikační komorou, odebírán pomocí točivého pohybu šneku (dávkovací zóna) a je po šroubovici sunut dále do kompresní a homogenizační části, kde pomocí účinku tření a působení vysokých teplot (až 400 °C) dochází k přeměně na taveninu. Tato tavenina je následně pomocí dopředního pohybu šneku vstříknuta pod vysokým tlakem do uzavřené dutiny formy, kterou zcela vyplní a zaujme její tvar. Následuje dotlaková fáze, která v nejvyšší možné míře kompenzuje smrštění vyvolané postupným ochlazováním taveniny v dutině. V této fázi konstantně temperovaná forma odebírá teplo z taveniny, která tuhne ve finální výrobek. Poté se forma otevře, výrobek je odformován a celý proces se opakuje. Tento proces je označován jako cyklický, diskontinuální. [4]

Výhody vstřikování

Velkou výhodou vstřikování je vysoká hospodárnost, kdy v jednom pracovním chodu (obvykle plně automatickém) lze vyrobit kvalitní hodnotné plastové výlisky, které prakticky nepotřebují žádné další operace. [4]

Nevýhody

Pro technologie vstřikování jsou však velké pořizovací náklady na nákup strojů a forem, velikost strojního vybavení ve vztahu k velikosti dílu atd. Technologie vstřikování je vhodná pro velkosériovou a hromadnou výrobu. [4]

2.5 Vstřikovací forma

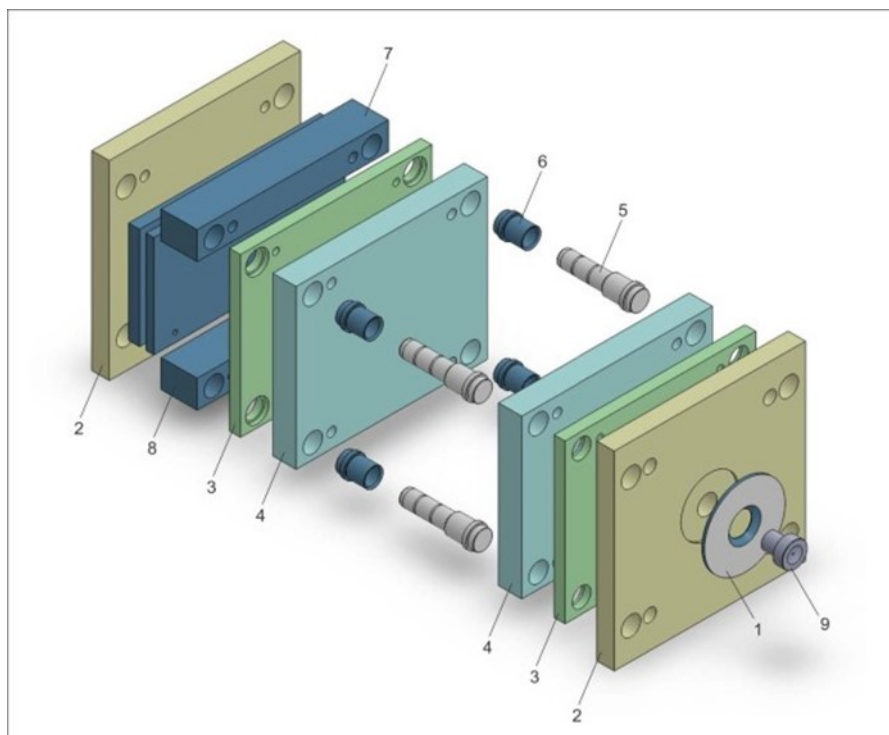
Vstřikovací forma je velmi komplexní systém, který musí splnit současně mnoho požadavků vycházející z procesu vstřikování. [5]

Musí zejména plnit:

- dopravu taveniny do dutiny formy a její naplnění
- efektivní odvod tepla z taveniny
- bezpečně, rychle a v relativně krátkém intervalu opakovat vyjmutí dílu
- odolávat vysokým teplotám taveniny
- mít jednu a více dutin pro plnění taveninou

Složení vstřikovací formy

Vstřikovací forma se skládá z dílů, vymezujících tvarovou dutinu formy, z chladicího (temperačního) systému, z vtokového systému, z vyhazovacího systému a z upínacích a vodících elementů. Jednotlivé části vstřikovacích forem lze rozdělit do dvou skupin na části konstrukční a na části funkční. Konstrukční části zabezpečují správnou činnost nástroje a funkční části se stýkají s tvářeným materiálem a udělují mu požadovaný tvar. [5]



Obrázek 3 Hlavní části vstřikovací formy [19]

Legenda:

1 středící kroužek;

2 kotvní desky;

3 podkladové desky;

4 tvarové desky;

5 vodící sloupky;

6 pouzdra vodících sloupků;

7 podkladnice;

8 desky vyhazovačů;

9 vtoková hlavice

2.6 Periférie k výrobě plastových dílů

3 osý lineární robot

Roboty jsou nedílným prvkem plně automatické výroby. Od stroje či formy se pohybují ve vzdálenostech a rychlostmi, které jsou pro lidskou obsluhu nedosažitelné, a hlavně nebezpečné z hlediska možného poranění o horké nebo pohyblivé prvky. Tímto minimalizují čas potřebný k odebrání výrobků a zkracují tak výrobní cyklus.

Jedná se o automatický stroj, který má tři pohyblivé osy (X, Y, Z), programovatelný řídicí systém, pohon manipulátoru a zařízení pro odebírání plastových výlisků tzv. hlava robota. Pohony robotů jsou většinou řešeny pneumaticky nebo elektricky (servomotory). Smyslem robotizace zařízení určeného do nepřetržitého provozu je snížit počet operátorů a maximálně vytěžit práci stroje. Operátor je přesto nadále nezbytný pro doplňování a odebírání materiálu, výměnu nástrojů a průběžnou kontrolu procesu. [6]

Pásový dopravník

Pro dopravu výlisků k obsluze se používá dvou typů pásových dopravníků, a to:

- *vodorovný dopravník*

Jedná se o nejvíce využívaný a nejméně ekonomicky nákladný dopravník synchronizovaný s manipulátorem pro odkládání výlisků. Výlisek je odložen na pás dopravníku, který je následně dopraven k obsluze. Pás je poháněn elektromotorem s převodovkou a je složen z ocelového roštu. [6]

- *magnetický vodorovný dopravník*

Je vhodný zejména pro přepravu feritických materiálů, jaké se často vyskytují v lisovnách nebo provozech s mechanickým obráběním. Pro detekci kovových částí se používají silné permanentní neodymové magnety. [6]

2.7 Temperační jednotka

Teplota vstřikovací formy musí být také velmi přesně regulována. Za tímto účelem jsou ve formě nejčastěji vrtané nebo frézované temperační kanály, ve kterých proudí teplotonosné médium. Jako teplotonosné temperační médium se používá voda nebo olej v závislosti na druhu vstřikovaného materiálu. Temperační jednotka zajišťuje stálou teplotu formy, která je důležitá pro předcházení různých vad, ať už z hlediska pohledových nebo rozměrových. Vstřikovací forma (temperační kanály) je napojena hadicemi na temperační jednotku, která reguluje teplotu temperačního média. Tímto způsobem je zajištěn ohřev vstřikovací formy na začátku výroby na provozní teplotu a v další fázi výroby je temperačním médiem odváděno teplo z taveniny, která byla vstříknuta do tvarové dutiny vstřikovací formy. Nastavený průtok teplotonosného média a délka temperačních kanálů ve vstřikovací formě by měla být taková, aby rozdíl teploty média na vstupu do formy a na výstupu z formy nebyl větší než 5 °C. Temperační jednotka má vždy omezený počet

cirkulačních okruhů, které může ve vstřikovací formě regulovat, přičemž pro zajištění rovnoměrného odvádění tepla z výrobku by měla být forma chlazena použitím více krátkých okruhů. Jedná se o automatizované pracoviště dle požadavků zákazníků. [7]

3 PŘÍPRAVA VSTUPNÍ SUROVINY S PŘÍDAVKEM RECYKLÁTŮ PRO TECHNOLOGII VSTŘIKOVÁNÍ

Plasty

Velmi významnou skupinou polymerních materiálů jsou plasty. Jsou to látky za běžné teploty tuhé, většinou snadno tvarovatelné, obrábitelné, lehké s dobrými izolačními vlastnostmi – mohou být izolanty tepelnými, zvukovými i elektrickými. Jelikož základní surovinou pro jejich výrobu jsou uhlovodíky či jejich deriváty, které se získávají z ropy, není jejich výroba ekonomicky náročná. Velkou výhodou plastů je skutečnost, že na rozdíl od kovů nepodléhají korozi, jsou váhově přijatelnější a s přídavkem skelného vlákna mají podobnou tvrdost jako kovy, proto se v dnešní době věnuje velkému úsilí, nahrazením kovových součástek plastovými, např. výrobci automobilů. Ve většině případů jsou plasty hořlavé a málo odolné vůči vyšším teplotám. Vysoká odolnost je ale také důvodem, proč se plasty většinou samovolně v přírodě nerozkládají. Obecně platí, že čím je vyšší stabilita polymeru, tím déle probíhá jejich odbourávání (např. polyethylen má poločas rozpadu v přírodě 5 let, polypropylen 75 let). Proto je žádoucí, aby se plasty recyklovaly. Je rovněž vynakládáno velké úsilí zavést plasty, jež budou biologicky odbouratelné. [8]

Vznik polymerů

Z chemického hlediska se jedná především o organické látky, přírodního nebo syntetického původu. To, co však odlišuje polymery, je, že mají velké molekuly, tzv. makromolekuly, v nichž se jako článek v řetězu mnohokrát opakuje základní konstituční jednotka. Makromolekuly uměle vyrábíme polymerací. Dle mechanismu reakce rozlišujeme polyinserci, polykondenzaci či polyadici, které lze dále rozdělit na reakce radikálové a iontové (kationtové a aniontové). Souhrnně lze tyto reakce označit jako polyreakce. Jelikož jsou polymerace velmi exotermní reakce, musí se pečlivě kontrolovat teplota reakční směsi, protože s rostoucí teplotou se snižuje polymerační stupeň n , probíhají konkurenční reakce a může docházet až k depolymeraci (opačný proces k polymeraci, rozpadá se makromolekula a vznikají násobné vazby). [8]

Polyinserce

Polyinserce je formálním "vsunutím" molekuly s násobnou vazbou do vazby jednoduché, nejčastěji C-H. Polyinserce je typická pro polymeraci olefinů (ethylen, propylen, butadien, styren a další). Dnes se takto vyrábí na 100 milionů tun plastů ročně. Může docházet k polymeraci jedné anebo více látek. V prvním případě hovoříme o homo polymeraci, v tom druhém se jedná o kopolymeraci. [8]

Syntetické látky získané polyinsercí

- Polyethylen (PE) patří mezi nejrozšířenější plastový materiál. Může vznikat polymerací ethylenu vysokotlakovou, ale také nízkotlakovou, a sice s využitím Zieglerových Nattových katalyzátorů (tj. směs organokovových sloučenin hliníku Al, titanu Ti a vanadu V). Je bezbarvý, má menší hustotu než voda. [9]
- Polypropylen (PP) se svými vlastnostmi podobá polyethylenu. Je však oproti němu tvrdší a tužší. Jedná se o nepolární plast a obdobně jako polyethylen bude odolávat polárním rozpouštědlům, kyselinám, zásadám a solím. Tato odolnost je však vyšší než u polyethylenu, zejména pak za vyšších teplot. [9]
- Polyvinylchlorid (PVC) je druhým nejpožívanějším plastem na Zemi. Jelikož obsahuje ve své makromolekule atomy chloru, není vhodné jej spalovat. Jedná se o amorfní termoplast (prostorové uspořádání chloru proti hlavnímu řetězci je tedy více méně nepravidelné). Vlivem polárních atomů chloru je lehce navlhavý. Neodolává chlorovaným rozpouštědlům. Je za běžných teplot pevný, tuhý a křehký s malou rázovou houževnatostí a malým sklonem ke krípu. [9]
- Polytetrafluoretylen (PTFE) je znám spíše pod komerčním názvem Teflon. Ze známých plastů je chemicky i tepelně nejvíce odolný. Je nenasákavý, odolný vůči světlu a má výborné elektroizolační vlastnosti. [9]
- Polystyren (PS) je to tvrdá, křehká, sklovitě průhledná hmota. Má dobré elektroizolační vlastnosti. Jeho známější formou je pěnový polystyren, který se využívá jako tepelný izolant. [9]
- Polymethylmetakrylát (PMMA) je znám také jako organické sklo či jen plexisklo, který má vlastnosti termoplastu. Charakteristickou vlastností je průhlednost i při silnější stěně, a hlavně velmi vysokou odolností a stabilitou (nemění svou barvu) ve vysokých teplotních podmínkách jakými jsou tropické oblasti.

Polykondenzace

Dalším typem polyreakce je polykondenzace, při které se spojují dvě kondenzující látky za současného odštěpení vedlejšího produktu – nízkomolekulární sloučeniny, kterou je nejčastěji voda H_2O , amoniak NH_3 či chlorovodík HCl . Pro průběh polykondenzace je nutné, aby každý z monomerů měl alespoň dvě charakteristické (funkční) skupiny. Látky vzniklé při procesu polykondenzace se označují polykondenzáty. Nejznámějšími produkty polykondenzačních reakcí jsou polyamidy nebo polyester. Jedním z nejvýznamnějších polyesterů je polyethyltereftalát. tento polymer vzniká kondenzací dimethyltereftalátu s ethylenglykolem. Nízkomolekulárním produktem této reakce je methanol. [8]

Syntetické látky získané polykondenzací

- Polyester (PES) jsou to látky vznikající polykondenzací esterů vícesytných kyselin s vícesytnými alkoholy. [9]
- Polyethyltereftalát (PET) se vyrábí polykondenzací metylesteru kyseliny tereftalové a etylenglykolu. [9]
- Polyesterové prskyřice vyztužují se vlněnými vlákny na polyesterové sklolamináty. Tyto látky mají dobré elektroizolační vlastnosti, jsou velmi pevné (jejich pevnost se přibližuje oceli) a odolné vůči chemikáliím. [9]
- Aminoplasty vznikají polykondenzací formaldehydu s močovinou či jejími deriváty. Produktem této polykondenzace je lineární polymer, při zahřívání v kyselém prostředí dochází k zesíťování. [9]
- Polyamidy (PA) jsou velmi důležité látky vznikají polykondenzací vícesytné karboxylové kyseliny a vícesytného aminu. Pro tyto látky je charakteristická přítomnost peptidické vazby $-CO-NH-$ v jejich struktuře. Materiály zhotovené z polyamidů bývají obvykle pevné, tvrdé, málo se opotřebovávající a s nízkým koeficientem tření. [9]
- Nylon 66 patří k nejrozšířenějším látkám pro výrobu syntetických vláken, která jsou rychle schnoucí, elastická, nemačková, ale zato hořlavá, neprodyšná a snadno se elektricky nabíjející. [9]
- Silon je to polyamidové vlákno typu 6 (polykaprolaktam). Vlákná jsou používána téměř všemi důležitými evropskými výrobci automobilových značek. [9]

- Formaldehydové pryskyřice (fenoplasty) patří mezi nejstarší synteticky připravené makromolekulární látky. [9]
- Epoxidové pryskyřice vznikají polykondenzací vícesytných fenolů a sloučenin obsahující etylenoxidovou (epoxidovou) skupinu. [9]
- Silikony se od ostatních syntetických látek odlišují tím, že je jejich centrálním atomem křemík namísto uhlíku. Velkou výhodou silikonů je jejich odolnost vůči změnám teploty. Jsou nesmáčivé a mají dobré elektroizolační vlastnosti. Jestliže jsou silikony pouze lineární větvené, jedná se o silikonové oleje, které se využívají při mazání strojů (pracujících při teplotách od - 75 °C do 200 °C), vymazávání forem či pro navlhčování alkalických kovů za účelem zabránění jejich oxidace při dlouhodobém uchovávání. Silikony s delším řetězcem se označují silikonové vazelíny či pasty. [9]

Polyadice

Poslední polyreakcí, kterou můžeme připravovat syntetické makromolekulární látky, je polyadice. Dochází při ní k reakci dvou různých monomerů, ale oproti polykondenzaci zde nevzniká žádný vedlejší produkt. Významnou polyadiční reakcí je vznik polyurethanu při polyadici hexan - 1,6 – diyl-diisokyanátu a butan - 1,4-diolu. [8]

Syntetické látky získané polyadici

- Polyuretany (PUR)
Patří do desítky nejmasověji vyráběných polymerů (ve světě cca 10 mil. tun/rok). Mají unikátní šíři vlastností, a tedy aplikačních možností. Jedná se o polymery vzniklé reakcí vícefunkčních izokyanátů s polyalkoholy. [9]

Aditiva

Vlastnosti polymerních látek ovlivňují příměsné látky, aditiva, která se do nich přidávají během výroby. Aditiva mohou naprosto změnit charakter látky, např. z izolantu udělat vodič elektrického proudu, z hořlavého plastu nehořlavý, nebo z tvárné měkké hmoty udělat tvrdý konstrukční materiál. [8]

Mezi nejčastější aditiva patří:

- Změkčovadla – zvyšují tvárnost
- Tvrdidla – snižují tvárnost a zvyšují mechanickou odolnost

- Plniva – zvětšují objem
- Retardéry hoření – zpomalují hoření nebo mu přímo zabráňují
- Pigmenty – dávají materiálu jinou barvu, mohou chránit proti účinkům UV záření
- Antioxidanty – brání jejich příkladnému rozkládání vzdušným kyslíkem

3.1 Postupy přípravy před zpracováním plastového granulátu

Před zpracováním plastového granulátu vstřikováním je nutné dodržovat určité postupy přípravy, které zajistí, aby vlastnosti finálního výrobku odpovídali dané specifikaci.

3.1.1 Skladování materiálu

Skladování materiálu by mělo být takové, aby nedocházelo k ovlivnění jeho kvality. Mezi ovlivňující vlivy můžeme zařadit sluneční záření, teplotu, vlhkost, mráz, déšť, sníh a jiné. [10]

Materiál je skladován ve velkokapacitních kartonových obalech takzvaných oktabínech viz obrázek č. 4, vyplněn PE pytlem, k zabránění kontaminaci například při nevhodné manipulaci během přepravy. V této podobě je dodáván v hmotnostním rozmezí 1-2 tuny. Dále je materiál skladován v plastových nebo papírových pytlích viz obrázek č. 5, které mají hmotnost 20–25 kg. Pro velkoodběratele je zavážen i pomocí cisteren a uložen v obrovských silech o hmotnosti až 20 tun. Materiál má podobu granulátu o velikosti zrna 4 mm – 8 mm nebo prášku. Materiál je ze skladů odebírán na základě metody FIFO (ang. zkratka *First In, First Out*), neboli první dovnitř, první ven. Toto určí batch (šarže materiálu). Jedná se o jednoduchou, velmi univerzální metodu řízení, respektive způsob pohybu materiálu. Materiál je odebírán v pořadí, v jakém do systému vstoupil. [10]



Obrázek 4 Skladování materiálu v oktabínech [20]



Obrázek 5 Skladování materiálu v polyetylenových pytlích [20]

3.1.2 Sušení materiálu

Jedná se o technologický proces, který vede ke snížení obsahu absorbované vlhkosti. Sušení materiálu lze zařadit mezi nejkritičtější fázi v přípravě materiálu. Při vhodném skladování se některé materiály dají zpracovávat přímo. V úvahu je ovšem nutné brát fakt, že se vlhkost může shromažďovat na povrchu jakéhokoliv materiálu – voda je v tomto případě vázána pomocí takzvané přilnavosti. Některé materiály mají schopnost absorbovat vlhkost přímo z ovzduší. U těchto materiálů je voda v celém jejich objemu. Obsah vody v materiálu mění jeho hmotnost a objem, čímž je nepříznivě ovlivňována rozměrová a tvarová přesnost materiálu a stabilita rozměrů a tvarů materiálu. Materiál o větším obsahu vody, než je přípustné má také větší tekutost, což může vést k přetokům v dělicích rovinách vstřikovací formy, nebo se na povrchu výlisku objevuje tzv. stříbření, které je velmi nežádoucí na tmavých pohledových dílech (nejvíce se vyskytuje na polykarbonátu a různých formách polyamidů). Obsah zbytkové vlhkosti granulátu po ukončení sušícího procesu (obvykle bývá 4-6 hod. v závislosti na druhu sušeného materiálu) musí splňovat rozmezí dané výrobcem samotného granulátu. Toto rozmezí si ještě může upravit procesní inženýr, tak aby vlastnosti granulátu přesně odpovídaly nastavenému procesu. V následující tabulce 2 je podáno rozdělení plastů podle obsahu vlhkosti. [11]

Tabulka 2 Rozdělení plastů dle obsahu vlhkosti

Skupina plastů	Příklady plastů	Obsah vlhkosti
Nenavlhavé	PE, PP, PS, PTFE	méně než 0,1 %
Málo navlhavé	ABS, PC	0,1 až 0,5 %
Středně navlhavé	POM, PMMA, PVC	0,5 až 2 %
Silně navlhavé	PA6, PUR	Více než 2 %

Legenda: PE – polyetylen; PP – polypropylen; PS – polystyrén; PTFE – polytetrafluoretylen; ABS – akrylonitril butadien styren; PC – polykarbonát; POM – polyoximethylen; PMMA – polymethylmetakrylát; PVC – polyvinylchlorid; PA6 – polyamid; PUR – polyuretan

Sušení materiálu probíhá buď v samostatných sušicích zařízeních, anebo v plastikačních jednotkách strojů, které jsou vybaveny odplyněním. Teplota sušeného materiálu v sušicích zařízeních je od 70 do 120 °C při nízkém tlaku vodních par. V plastikačních jednotkách s odplyněním je teplota od 190 do 350 °C při vysokém tlaku vodních par. [11]

Sušení probíhá tak, aby tlak páry, který se vytvoří těsně nad povrchem vlhkého materiálu, byl větší než parciální tlak páry v okolním prostředí. Sušení může probíhat jen do vyrovnání těchto tlaků. [11]

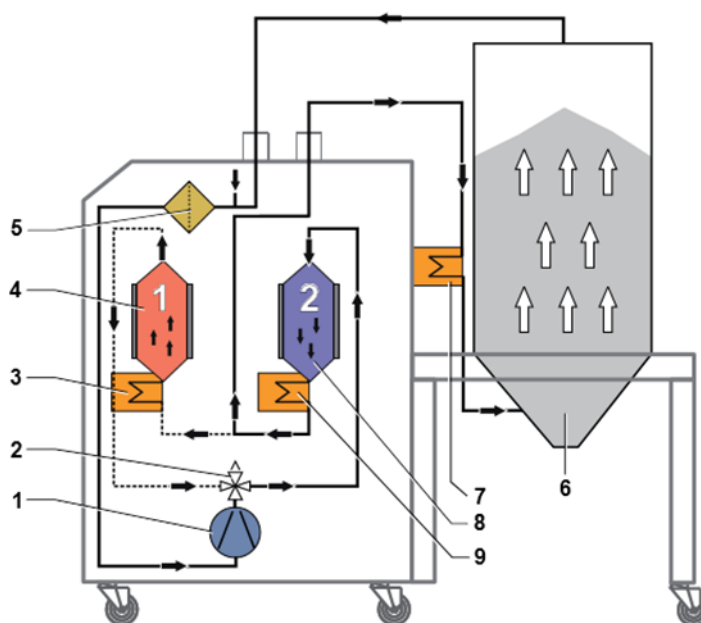
Podle tlaku se sušárny dělí na atmosférické a vakuové. Vakuové sušárny se používají k sušení plastů, u kterých je nebezpečí termické oxidace plastu za zvýšených teplot, což může vést ke změně barvy a zhoršení mechanických vlastností. Vakuové sušárny jsou nezávislé na okolních podmínkách a v důsledku sníženého tlaku v sušicím prostoru dochází ke kratší době sušení. [11]

U sušení je nutné dodržovat doporučené teploty sušení a dobu sušení materiálu dle výrobce samotného materiálu, jinak vzniká nebezpečí takzvaného termooxidačního stárnutí neboli přesušení, které se projevuje změnou barvy, ztrátou lesku nebo změnou vlastností materiálu. [11]

Sucho vzdušné sušárny

Jedná se o nejvíce používané sušárny, které suší materiál použitím suchého vzduchu pro dosažení optimální zbytkové vlhkosti viz. obrázek č. 6. Tento typ sušáren pracuje jako nízko energetické zařízení, jako uzavřený systém, který je plně závislý na vnějším prostředí. U suchu vzdušné sušárny je optimální hodnota rosného bodu -30 °C a nižší. Jsou ovšem případy, kdy je potřeba hodnotu rosného bodu měnit, nebo regulovat. K tomuto kroku jsou

často výrobci plastových dílů nuceni při výrobních problémech, které se nedaří odstranit samotným nastavením procesu vstřikování. Důvodem je skutečnost, že se obsah vlhkosti přímo projevuje na viskozitě taveniny. Příliš nízká zbytková vlhkost způsobuje tuhou taveninu a vyšší stříh materiálu v plastifikaci, což má zase za následek poškození materiálu a snížení viskozity. Ovšem příliš vysoká zbytková vlhkost způsobuje mimo jiné degradaci molekulových řetězců, a tím pádem zhoršené mechanické vlastnosti, nebo se objeví známé povrchové defekty, jako je stříbření a stopy po vlhkosti. Firma Motan colortronic gmbh vyvinula doplňkové zařízení ATTN (an automatic temperature and dew-point) v překladu: automatický systém řízení teploty a rosného bodu. Systém ATTN byl navržen tak, aby se udržel konstantní rosný bod procesního vzduchu pro sušení plastového granulátu v sušícím binu. Ten je obecně instalován v generátoru suchého vzduchu a může být nastaven pouze na jeden konkrétní rosný bod mezi -30°C a $+5^{\circ}\text{C}$. Tato předem nastavená hodnota rosného bodu je pak uložena a udržována. Tato zásada vyžaduje, aby množství vlhkosti v procesu odváděného vzduchu bylo vyšší, než je nastavený rosný bod. Za normálních atmosférických podmínek to je mezi -30°C a -5°C . [12]



Obrázek 6 Schéma sucho vzdušné sušárny [21]

Legenda:

1 vývěva;

2 přepínací ventil;

3 regenerační ohřev;

4 patrona se sušícím prostředkem 1;

5 filtr;

6 sušící zásobník;

7 ohřev;

8 patrona se sušícím prostředkem 2;

9 regenerační ohřev;

Proces sušení

Vývěva přes předřazený filtr nasává vlhký vzduch ze sušícího zásobníku. Vlhký vzduch je přepínacím ventilem vyfukován do patrony se sušícím prostředkem 2. Zde tento vzduch odvede pomocí sušidla vlhkost. Vysušený vzduch z patrony se sušícím prostředkem 2 proudí přes ohřev do sušícího zásobníku. Je-li sušící prostředek v patroně nasycený, již nezachycuje žádnou vlhkost a musí být regenerován. Tento regenerační proces probíhá současně se sušením (patrona se sušícím prostředkem 2) v patroně se sušícím prostředkem 1. [12]

Regenerace sušení

Část proudu vzduchu je odváděna do patrony se sušícím prostředkem 2. Tento proud vzduchu je použit k regeneraci sušícího prostředku v patroně se sušícím prostředkem 1. Vzduch se regeneračním ohřevem bezprostředně v patroně sušidla ohřeje a vysuší nasáté sušidlo. Vzduch poté proudí přepínacím ventilem ven. Po stanovené době se přepínací ventil přepne. Vlhký vzduch se dostane do patrony se sušícím prostředkem 1 a tam je vysoušen. Zapne se regenerační ohřev a probíhá regenerace sušícího prostředku v patroně 2. [12]

3.1.3 Měření vlhkosti materiálu

Kontrola vysušeného granulátu se provádí na vzorku odebraném před vstupem do vstřikovací jednotky, nebo na výstupu ze sušícího sila.

V provozu se obvykle používá metoda gravimetrická nebo metoda manometrická.

Gravimetrická metoda

Tato metoda se používá pouze pro materiály, které neobsahují přísady, jež by při zvýšené teplotě vytékaly a ovlivnily tak výsledek měření. Nevhodná je například pro polyamid 6, který obsahuje zbytky monomeru (6 kaprolaktam). [13]

Gravimetrické měření vlhkosti se provádí tak, že přesně zvážený vzorek granulátu (nejlépe 100 g) se na skleněné či keramické misce zahřívá na předepsanou teplotu a sleduje se úbytek hmotnosti vzorku. Vzorek se váží s přesností 0,01 g (vhodné jsou digitální váhy). Zkouška je ukončena, když se hmotnost vzorku již nemění. Obsah vody v hmotnostních % se vypočte z rozdílu hmotností odebraného vzorku před a po vysušení. K ohřevu vzorku se používá buď komorová (nejlépe vakuová) sušárna, případně mikrovlnný či infračervený ohřev. Důležité je pro daný polymer určit teplotu a dobu ohřevu (sušení) vzorku. Při použití komorové (vakuové) sušárny je minimální doba sušení tři hodiny při teplotě 100 °C. [13]

Manometrická metoda

Pro stanovení zbytkové vlhkosti materiálu se nejvíce používá manometrická metoda s využitím hydridu vápenatého o zrnitosti 0,5 – 5 mm. Tato reakce vytvoří bílo – šedý povlak na zrnkách činidla. Na toto měření se používá zařízení Aquatrac od firmy Brabender Messtechnik GmbH, který je založen na reakci vody obsažené v měřeném vzorku s činidlem, přičemž vzniká jako produkt této reakce vodík. Vodík je při mírných teplotách velice málo schopný reakce, takže lze sotva očekávat nějakou sekundární reakci s měřenou substancí. [13]

Na přístroji je nastavena hmotnost měřeného vzorku a výsledek měření v % obsahu vody v měřeném vzorku je automaticky vypočítán a zobrazen na displeji. [13]

Působením tepla a vakua se voda z měřeného vzorku oddělí ve formě vodní páry. Pára pak prochází vrstvou zrnitého činidla, nasýpaného do nahoře umístěného sítka. Tím nastane chemická reakce, při které se vyvíjí plyn. Parciální tlak vodní páry v reakční nádobě je celkem nula, takže také hygroscopické substance odevzdají plně svůj obsah vody. Protože reakce probíhá v uzavřené reakční nádobě a je znám její prázdný objem za studeného stavu, může být z parametrů hmotnosti vzorku, jeho hustoty a vytvářejícího se tlaku vypočítán obsah vody v měřeném vzorku. Měřicí systém u přístroje je na začátku měření vyevakuován, proto v průběhu měření má vliv pouze měřený plyn vzniklý z reakce vody ve vzorku. [13]



Obrázek 7 Zařízení Aquatrac [20]

3.1.4 Důsledky nedostatečného vysušení materiálu

Nedostatečné vysušení materiálu má za následek povrchové vady anebo zhoršení vlastností finálního výrobku. [14]

Povrchové vady (vlhkostní šmouha) vznikají v případě, že je vlhkost vázána v materiálu. Vytváří se tak v tavenině vodní páry a bubliny, které jsou transportovány přes rychlostní profil na čele toku k povrchu taveniny. Při jejich snaze vyrovnat tlak praskají a jsou postupujícím čelem toku ochlazeny na stěnách nástroje. Povrchové vady se objevují na povrchu výrobku jako otevřený profil ve tvaru U proti směru toku taveniny. V oblasti povrchových vad vykazuje výrobek hrubý, porézní povrch. [14]

Zhoršení vlastností finálního výrobku se projevuje zhoršenou fyzikální vlastností (hustotou), tepelnou vlastností změnou mechanických vlastností (snížení pevnosti, tuhosti, zvýšení houževnatosti). [14]

3.2 Doprava materiálu

Doprava materiálu slouží k dodání suroviny až ke zpracovatelským zařízením. Materiál přichází z chemických závodů již připravený pro zpracování ve formě granulí (PE, PP, PS, POM atd.). [15]

Zpracovatelské firmy mají k dispozici zásobníky, ze kterých je materiál pneumaticky dodáván buď přímo ke strojům anebo do sušáren a odtud po provedeném sušení následně ke vstřikovacím strojům. Sila jsou vhodná pro všechny typy plastikářských provozů pro dopravu všech typů a druhů plastů. Proti vniknutí cizích předmětů jsou na vstupu sil umístěna síta a mají zařízení s automatickým čištěním a zásobníkem pro prach. Zásobníky jsou vybaveny zařízením pro kontrolu množství materiálu a zařízením pro vyprazdňování zbytkového materiálu. Sila mají společný zdroj podtlaku a společnou řídicí jednotku. [15]

Volba dopravního zařízení závisí na typu materiálu (granule, prášek, ...), množství dopravovaného materiálu, vertikální a horizontální vzdálenosti dopravy a dalších požadavcích na úpravu granulátu (barvení, sušení, přidávání regenerátu apod.). [15]

U pneumatické dopravy se používají vakuové systémy viz. obrázek č. 8. Potrubí mají většinou průměr 45-60 mm a jsou buď z nerezové oceli, nebo ze slitin hliníku s možným vložkováním proti opotřebení. Materiály, které obsahují více jak 45 % skelného vlákna poškozují obloukové spoje v důsledku vysoké abraze. Proto jsou u těchto materiálů

nahrazeny kovové obloukové spoje tvrzeným sklem se silou stěny 5 mm. Vakuový systém je možno použít do vzdálenosti 100 m. [15]



Obrázek 8 Potrubní doprava materiálů s využitím skelných oblouků [21]

Vzrůstající spotřeba plastů vede výrobce k dopravě polymerů buď automaticky pro každý stroj zvlášť ze zásobníků u strojů nebo centrálně k jednotlivým strojům do plnicího zařízení nad násypkou. K dopravě plastů se využívá nejenom centrálních vakuových plnicích zařízení (vývěvy) viz. obrázek č. 9, ale i samostatné elektrické sací zařízení umístěné nad vstřikovací jednotkou, nebo nad směšovacím zařízením. [15]



Obrázek 9 Vývěva s integrovaným frekvenčním měničem [21]

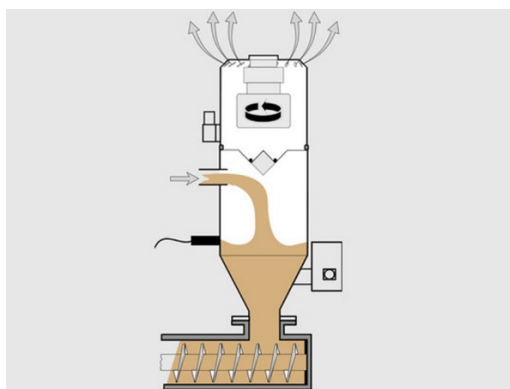
3.2.1 Vývěva

Na násypce vstřikolisu je umístěna vakuová jednotka, která při aktivaci systému vytvoří v potrubí podtlak, kterým je materiál nasáván a přemísťován do násypky. Podtlakové systémy jsou velmi účinné především na krátké vzdálenosti (přibližně do 50 metrů) a dokáží přenášet až více jak 900 kg materiálu za hodinu. Velký důraz je však kladen na těsnost celého systému. Případné netěsnosti snižují výkonnost systému a mohou být příčinou nasávání nečistot. Čím větší vzdálenosti je nutné překonat, tím silnější a dražší vakuovou jednotku je nutné mít k dispozici

Vývěva s frekvenčním měničem výrazně zvyšuje výkon a flexibilitu. Je možné nastavit požadovaný výkon přesně podle potřeb vzdálenosti dopravovaného materiálu, jak v ručním, tak i v plně automatickém režimu. Inteligentní řídicí systém udržuje konstantní vakuum, nebo objemový průtok, a to i bez externího snímače vakua. Regulační rozsah vývěvy je 0-100 Hz a zajišťuje tak vysoce flexibilní výkon. Zařízení jsou vybavena ochrannými funkcemi, jako například monitoring teploty vinutí motoru, měření proudu, kontrola teplotních limitů kompresního prostoru atd. Nemusí, proto být vybavena bezpečnostními ventily. Regulací otáček je snížena hladina hluku na optimální úroveň a v součinnosti s integrovanými tlumiči nejsou ve většině případů nutná další protihluková opatření. [12]

3.2.2 Plnicí jednotka se sací jednotkou

Samostatné sací jednotky viz. obrázek č. 10 jsou vhodným řešením pro zásobování stroje granulátem z kontejneru, umístěného vedle stroje. Pro zvýšení životnosti je použit polyesterový filtr. Tkanina filtru zabraňuje vstupu a usazování prachových částic. Filtr je během nasávání automaticky v pravidelných intervalech čištěn stlačeným vzduchem, což zajišťuje bezproblémové vytváření vakua. [12]



Obrázek č. 10: Samostatná sací jednotka [21]

Do násypek nasávačů se vkládá magnetický separátor klasické roštové konstrukce, nebo hvězdicovém tvaru k zachycení feromagnetických částic, které se mohou vyskytovat v drceném materiálu z poškozených nožů mlýnu, nebo nechtěným vpádem různých kovových částic při opravách lisu, nebo periférií (šroub, matka, nebo podložka). Díky použití magnetického separátoru dochází především k ochraně zařízení (zabraňuje se vniknutí kovových částic do šnekového a vstřikovacího systému lisovacích strojů). [12]

Používání magnetických separátorů též umožňuje zvýšit hodnotu výsledného produktu recyklace plastů – na konci stojí čistá a kvalitní drť bez příměsí kovů. [12]

Separátory jsou osazovány velmi silnými NdFeB neodymovými magnety viz. obrázek č. 11, díky nimž jsou schopny vychytávat i nejjemnější prachové částičky kovů. Další výhodou je, že zachycené nečistoty nejsou strhávány proudem toku materiálu, k čemuž dochází při používání magnetických separátorů osazených slabými feritovými magnety. [12]

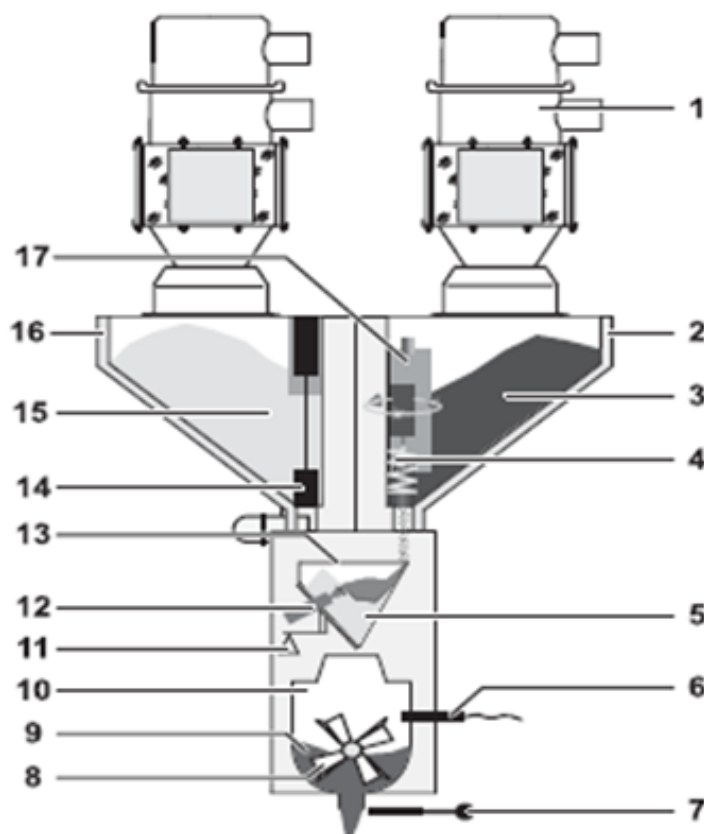


Obrázek 10 Neodymový magnetický separátor [20]

3.2.3 Směšování materiálu

Moderní dopravní systémy umožňují provádět úpravy granulátu automaticky viz. obrázek č. 12. Nebarvený polymer lze barvit přímo na stroji v plnicím zařízení pomocí pigmentů (masterbatche), kdy odpadá nutnost skladovat velké množství granulátů různých barev. Pigmenty, drť či jiné přísady jsou dávkovány automaticky buď objemově, nebo hmotnostně do plnicího zařízení umístěného nad násypkou a po zamíchání a promísení je upravený granulát plněn do násypky stroje. Přesné složení je zajištěno pomocí plně

automatizovaného míchacího zařízení, jehož princip je založen na odvažování jednotlivých komponent (originální materiály, barviva, aditiva a drtě) dle nastaveného programu, doprovázeného neustálou kontrolou a kalibrací těchto zařízení. [16]



Obrázek 11 Jednotka gravimetru [21]

Legenda:

1 dopravní zařízení;

2 zásobník (šnekové dávkování);

3 přísada, hlavní dávka;

4 šnekové mikrodávkování;

5 navážená dávka;

6 standardní sonda (nastavitelný);

7 vypouštěcí šoupátko;

8 míchadlo;

9 smíšená šarže;

10 směšovací komora;

11 váhová buňka;

12 pneumatický válec;

13 zásobník váhy;

14 kuželové dávkování;

15 hlavní složka (regenerát, nové zboží);

16 zásobník (kuželové dávkování);

17 krycí plech šnekového mikrodávkování

Popis funkčních jednotek gravimetru

Směšovací zařízení dávkuje a mísí sypký plastový granulát (regenerát a čistý granulát) a přísady. Celkem zařízení mísí až čtyři materiály. Zařízení obsahuje čtyři zásobníky s upínací přírubou pro příslušné dopravní zařízení¹. Složky 3 a 4 se dávkuje pomocí dávkovacích šneků, ostatní složky se dávkuje pomocí pneumatických kuželových systémů a dostanou se do zásobníku váhy, který je namontován na váhové buňce. Pneumatický válec

otevívá zásobník váhy. Směs (dávka) padá do směšovací komory a je zde míchána elektricky poháněným míchadlem. Směšovací komora pojme tři dávky. Po smíchání šarže se směšovací komora vyprázdní pomocí vypouštěcího šoupátka. Přibližně jedna dávka zůstává ve směšovací komoře, aby se další dávka mohla optimálně promísit. Provoz zařízení je regulován řízením SPS. Řízení dostane signál k přípravě materiálu od sondy ze směšovací komory. [16]

Druhy provozu

- Gravimetrický provoz
Všechny složky jsou dávkovány a váženy postupně. Regenerát se dávkuje pomocí kuželového dávkování jako procentní podíl celkového množství a plní se do zásobníku váhy. Řízení určí požadované množství dalšího materiálu určeného k mísení a nadávkuje ho jako další složku. Hlavní dávka se přidává jako procentní podíl nového granulátu. Přísady se přidávají naposledy jako procentní podíl celkového množství. [16]
- Volumetrický provoz
Všechny složky jsou dávkovány postupně bez vážení. Volumetrický provoz představuje nouzový provoz a používá se pouze při výpadku vážicího systému nebo ve zvláštních případech. Nejprve se nadávkuje regenerát a potom přírodní materiál pomocí časově řízeného kuželového dávkovače a naplní se do zásobníku váhy. Z vážicí nádoby je dávka přesypána do směšovací komory, kde opět dochází k promíchání všech složek a vytvoření homogenní směsi připravené pro zpracování. Směšovací jednotka je velmi často sloučená s vakuovou jednotkou Váhová buňka není při volumetrickém provozu aktivní. Přísady se přidávají naposledy pomocí časově řízeného kuželového dávkovače. [16]
- Smíšený provoz
Při smíšeném provozu navazuje na jeden gravimetrický cyklus až osm volumetrických cyklů (jejich počet je nastavitelný). V důsledku odpadnutí doby vážení může být zvýšena celková průchodnost. [16]

4 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PŘI VYŠŠÍM VYUŽITÍ RECYKLÁTŮ VE VSTUPNÍ SUROVINĚ

Firmám zabývající se výrobou plastových dílů formou vstřikování vzniká vždy plastový odpad ať už ve formě vtoků, odstříků nebo výlisků, které nesplňují požadavky zákazníka na kvalitu, jakou jsou například rozměrové problémy, nedostříknuté výlisky, díly z nájezdové procedury a další.

S tímto rostoucím vznikajícím plastovým odpadem se stává nutností zajistit především ekonomickou efektivnost výroby a nalézt tak možnosti veškerých eventuálních úspor výroby bez negativního vlivu na životní prostředí. Tyto požadavky vedou firmy k tomu, že mnohem častěji využívají recyklaci.

4.1 Možnosti recyklace

Recyklace je postup, kterým lze dospět k využití energie i materiálové podstaty výrobku po ukončení jeho životnosti. Nejvyšší ekonomický efekt přináší recyklace výrobků, které obsahují materiály s velkým rozdílem mezi energetickými nároky na jejich výrobu a energetickou náročností jejich opakovaného zpracování. [16]

4.1.1 Typy recyklací

Surovinová recyklace

Vztahuje se na silně znečištěné směsi různorodých polymerních materiálů, ze kterých není téměř možné získat recyklací kvalitní materiál než vlastní surovinový základ.

Principem surovinové recyklace je teplotně destrukční proces rozkládající polymerní složky vstupní suroviny na směs plyných a kapalných uhlovodíků. Výstupními produkty jsou energeticky využitelný plyn a směs kapalných uhlovodíků, které lze využít jako topné oleje nebo petrochemickou surovinu. Hlavní předností této recyklace jsou nízké nároky na kvalitu vstupního polymeru a širokou využitelnost vzniklého syntetického plynu v chemickém průmyslu. [16]

Chemická recyklace

Je založena na chemickém rozpadu polymeru na produkty o výrazně nižší hmotnosti s následným dalším chemickým zpracováním. Příkladem je tepelná depolymerace určená především pro polymery, které při vysokých teplotách podléhají degradaci (PS, PMMA).

Tento způsob se zakládá na odštěpování monomerních jednotek z konců polymerních řetězců. Monomery se po vyčištění opět polymerují na panenský polymer prvotní kvality.

Výhodou jsou nízké nároky na vstupní čistotu odpadního materiálu. Nevýhodou jsou vysoké investiční náklady na technologické zařízení a praktická uskutečnitelnost je pouze v podmínkách chemického průmyslu ve spojení s již existujícími procesy. [16]

Energetická recyklace

Vhodná je pro jinak nevyužitelný plastový odpad. Ke spalování odpadu dochází ve speciálně zkonstruovaných topeništích, obvykle společně s uhlím a při tomto postupu se využívá vzniklá tepelná energie. Možnosti vzniku toxických plynných látek při spalování polymerů se předchází vhodně navrženými topeništi a technologickými podmínkami. Ekologicky závadné produkty spalování jsou vhodně neutralizovány na pevnou formu. [16]

Materiálová recyklace

Tento způsob recyklace je vhodný pro termoplasty. Materiálová recyklace je založena na dodávání tepelné a mechanické energie pro přetvoření odpadního materiálu na nový materiál s mechanickými i estetickými vlastnostmi podobnými panenskému polymeru. Zahrnuje postupy, které spočívají v mletí použitých výrobků za vzniku drtě, pak následuje sušení a následná regranulace. [16]

4.2 Rozdělení odpadů vznikající při výrobě

Odpady vznikající při výrobě plastů lze rozdělit na:

Technologický odpad

Technologický odpad vzniká při výrobě a zahrnuje v sobě vtokové systémy, vadné výrobky, odstříky. Technologický odpad poskytuje relativně kvalitní materiál, srovnatelný s původními dosud nezpracovanými materiály a je tedy záležitostí každého výrobce, aby byl tento odpad vrácen zpět do výroby jako vstupní surovina už jenom kvůli energetické náročnosti (na 1 tunu plastů se spotřebuje přibližně 2 500 kg ropy). [16]

Užitný odpad

Do užitného odpadu spadají výrobky po skončení své funkční doby. Jedná se o odpad, který je většinou znehodnocen nejenom nevratnou změnou vlastností, ale například i znečištěním a povrchovými úpravami, proto se používá jen velmi omezeně. [16]

4.3 Zařízení na zpracování odpadu

V současné době je na trhu mnoho zařízení, které dokážou zpracovat odpad na recyklát, respektive regenerát za přijatelné náklady a ve vyhovující kvalitě. Mezi zařízení na zpracování odpadu se používají nejčastěji mlýny.

4.3.1 Mlýny

Pro zpracování odpadů drcením (mletím) se používají různé typy mlýnů, kdy zmenšování rozměrů lze dosáhnout tlakem, smykem nebo řezem. Pro volbu drcení jsou důležité fyzikální vlastnosti rozměňovaného materiálu, jako je tvrdost a charakter lomu.

Jedním z nejvíce používaných mlýnů je nožový mlýn, který má jednak několik nožů uložených radiálně kolem rotoru (na statoru) a jednak nože umístěné přímo na rotoru. Tento nožový mlýn má otáčky rotoru 140 ot/min. Velikost drtě je daná velikostí ok síta, umístěného v dolní části mlýnu. Výhodou těchto mlýnů je rovnoměrná velikost recyklátu s malým množstvím prachu, snadno se čistí a jemnost je dána velikostí oka síta. Nevýhodou těchto mlýnů je častá výměna opotřebovaných nožů a sít. [16]

Dále se používají zubové mlýny (drtiče plastového odpadu) viz. obrázek č. 14, které jsou navrženy specificky pro recyklaci zejména tvrdých a křehkých materiálů přímo u vstřikovacího stroje. Zubové mlýny nabízí ultra-pomalé otáčení rotoru (32 ot/min) a provoz bez použití síta zajišťuje nízkou hladinu hluku a minimální podíl prachu právě při zpracování plněných a křehkých materiálů. [16]



Obrázek 12 Pomaluběžný zubový mlýn [20].

Popis funkce pomaluběžného zubového mlýnu

Zbytky plastu, které musí být zbaveny kovu a znečištění jsou přivedeny do trychtýře mlýna. Zbytky plastu padají skrze násypku do skříně řezače. Skříň řezače obsahuje pevné nože a rotor. Otočné nože jsou upevněny na rotoru. Rotor je rovněž opatřen jedním nebo několika otočnými podávacími háky. Zbytky plastu jsou zachycené otočnými podávacími háky a granulovány (nasekány) mezi otočnými noži na rotoru a pevnými noži na skříní řezače. Skříň řezače je také opatřena škrabkami. Škrabky zabráňují vyhazování dokončeného granulátu. Otočné nože, otočné podávací háky, pevné nože a škrabky musí být obráceny, nabroušeny nebo vyměněny podle potřeby. Velikost drtě (rozřezané zbytky plastu) je stanovena velikostí hřebenu na nožích a škrabkách. Nože a škrabky lze snadno vyměnit a dosáhnout tak požadované velikosti regenerátu. Regenerát prochází skrze skříň řezače do zásobníku, kde se shromažďuje dokončený regenerát. Zásobník lze vyprázdnit ručně nebo pomocí vzduchového dopravníku. [16]

Možnosti rozšíření funkcí pomaluběžného zubového mlýnu

- Reverzní funkce motoru – obrací chod rotoru v případě, že je mlýn přehlcen nebo je rotor v kontaktu s příliš silnou stěnou materiálu. Krátký obrácený chod umožní uvolnění zablokovaných zbytků plastů [16]
- IMD (integrovaná detekce kovů) - zastaví mlýn, pokud je aktivována jakýmkoli kovem a minimalizuje nebezpečí zničení stroje samotného. Tím, že systém zastaví mlýn, snižuje se rovněž riziko vniknutí kovové části do šneku vstřikovacího stroje nebo samotného nástroje. [16]
- Hladinový snímač – monitoruje stav drceného plastu v zásobníku. Když je hladina příliš vysoká, dojde k zastavení rotoru [16]

4. 2 Ekonomické zhodnocení recyklátu v projektu

Celkové vyhodnocení trvá několik měsíců a zahrnuje spoustu zátěžových testů vyrobeného dílu, tak aby odpovídal přesně požadavkům, a to až jako polotovár do sestavy, nebo samotný komponent. Pro skutečné dlouhodobé ekonomické zhodnocení, zda přidávat do procesu vstřikování určitý poměr drtě, nebo recyklátu je nutné nejdříve znát některá

základní kritéria a jednotlivá data, která používají projektový inženýři ve spolupráci s procesními technology ke kalkulaci případné úspory na použitém materiálu, jakými jsou:

- Aktuální cenu vstupní suroviny
- Aktuální cenu elektrického proudu
- Maximální povolené množství recyklátu
- Životnost projektu
- Očekávané náklady na údržbu zařízení
- Náklady na pořízení periférií

Jako příklad uvedu polyamid PA 6.6, který je plněný 35 % skelných vláken, prodáváný pod obchodním názvem "ZYTEL 70G35 HSL BK039B" od výrobce DuPont. Díky všeobecným vlastnostem plněného polyamidu 6.6, materiál splňuje předepsané požadavky v dostatečné míře a je možné jej zpracovávat i s určitým poměrem recyklátu. Dle doporučení výrobce je jeho maximální obsah přidávané drtě do procesu vstřikování stanovený na 25 % objemu výrobku s garancí jeho neměnných mechanických vlastností. Při vyšším jak 25% obsahu recyklátu dochází již k relativně výrazným změnám, a to zejména v pevnosti, tažnosti a houževnatosti. [12]

Příklad projektu:

Nástroj je vícenásobný – 2 otisky, třídeskový – kombinace studeného a horkého vtoku s pevně vázanou vyhazovací deskou a s mechanicky ovládanými čelistmi.

Kalkulovaná životnost nástroje (vstřikovací formy) je 2 000 000 vyrobených kusů s povolenou zmetkovitostí 2 % .

Celková váha jednoho zdvihu je 217 g v následujícím rozložení:

- Váha dílu je 102 g
- Váha vtoku na díl je 6,5g

S ohledem na výše zmíněné omezení (limitované konstrukční změny a maximální množství povoleného recyklátu) jsem provedl kalkulace pro tři různé varianty:

1. Bez využití recyklátu viz. tabulka č. 3

Výhody:

- Bez nutnosti investice do podpůrného zařízení v podobě drtiče vtoků, mísícího a nasávacího zařízení

- Čistota výrobní linky (prašné částice způsobené drcením materiálu)
- Nulové servisní náklady na provoz dodatečného zařízení
- Nejvyšší možná stabilita vstřikovacího procesu

Nevýhody:

- Dlouhodobá ekologická zátěž plynoucí z nevyužití technologického odpadu
- Zvýšení logistické náročnosti ve firmě – manipulace a uskladnění vzniklého technologického odpadu
- Náklady na likvidaci technologického odpadu

Tabulka 3 Kalkulace nákladů bez využití recyklátu

Použitý materiál	Obsah (%)	Váha/1zdvih(g/zdvih)	Cena zdvihu(Kč)	Úspora Kč/zdvih	Úspora Kč/projekt
Originální materiál	100	217	17.881451	0	0
Recyklát	0	0			

2. S plným využitím technologického recyklátu tzn. 6 %; On-line proces recyklace

Výhody:

- Využití technologického odpadu vzniklého při výrobě (vtoky)
- Bez nutnosti dodatečné manipulace
- Recyklace je plně integrována do výrobní linky – plně cyklický proces

Nevýhody:

- Nutná investice do podpůrného zařízení
- Zvýšené údržbové náklady
- Zvětšený nárok na výrobní prostor
- Riziko kontaminace výrobního prostředí

Tabulka 4 Kalkulace nákladů s plným využitím recyklátu

Použitý materiál	Obsah (%)	Váha/1zdvih(g/zdvih)	Cena zdvihu(Kč)	Úspora Kč/zdvih	Úspora Kč/projekt
Originální materiál	94	217	16,9257	0,9557	974821,2012
Recyklát	6	13			

3. S maximálním povoleným obsahem recyklátu udávaný výrobcem materiálu tj.25%

Výhody:

- Až 100 % využití technologického odpadu vzniklého při výrobě
- Potencionálně nejvyšší ekonomická úspora

Nevýhody:

- Nutná investice do podpůrného zařízení
- Zvýšené údržbové náklady
- Zvýšení logistické náročnosti ve firmě – manipulace a uskladnění vzniklého technologického odpadu
- Recyklace probíhá mimo výrobní linku – nutnost dodržování zásad vhodné manipulace a skladování
- V případě nedostatku recyklátu, nutnost nákupu externí drtě, nebo regranulátu

Tabulka 5 Kalkulace nákladů s maximálním obsahem recyklátu

Použitý materiál	Obsah (%)	Váha/1zdvih(g/zdvih)	Cena zdvihu(Kč)	Úspora Kč/zdvih	Úspora Kč/projekt
Originální materiál	75	217	13,8993	3,9821	4 061 755,005
Recyklát	25	54,25			

5 ZÁVĚR

Hlavním tématem této bakalářské práce bylo přiblížit technologii vstřikování. Byl popsán proces vstřikolisu včetně jeho součástí, tak aby mohl vstřikolis technologicky správně a efektivně produkovat plastové výlisky. Následně došlo k seznámení vlastností jednotlivých recyklátů, jelikož každý recyklát je specifický svými vlastnostmi a hodí se na výrobu určitého výrobku. Důležitou součástí je i příprava materiálu před samotným procesem vstřikování, protože ne každý materiál je možné hned použít do výroby a v poslední části této bakalářské práce došlo k probrání vznikajícího odpadu z polymerů a jak s tímto odpadem naložit formou recyklace.

V automobilovém průmyslu se na výrobky z polymerních materiálů kladou vysoké nároky, což jsou mimo jiné velmi dobré mechanické vlastnosti výrobků s co nejdelší životností. Proto pro konkrétní výrobek je velmi důležitá a také složitá volba materiálů. Současně s tím je požadováno zajištění odpovídající hospodárnosti výroby, s čímž se pojí i hledání různých cest, které by vedly ke snižování finančních nákladů spojených s výrobou polymerních komponentů. Jedním z možných způsobů je i opětovné využívání odpadu z polymerních výrobků během produkce.

V závěru práce, jsem se snažil ukázat reálné hodnoty ekonomické úspory, kterými lze na začátku samotného projektu disponovat, když se zakomponuje do celkového spotřebovaného materiálu pro daný projekt také plastový odpad během produkce, nebo plastový regranulát. Je evidentní, že každé procento přidávaného recyklátu do procesu vstřikování má velice pozitivní dopad na celkovou cenu jednotlivého dílu a také se snižují náklady na ekologickou likvidaci plastového odpadu. Na základě výše uvedených porovnání je patrné, že se zvyšujícím množstvím použitého recyklátu se přímou úměrou snižují náklady na jeden plastový díl a také zároveň na celý projekt samotné výroby. Ceny polymerních materiálů se pohybují od desítek až po tisíce za jeden kilogram, ale v celkových projektech může zákazník ušetřit až několik milionů korun na projektu. Z hlediska samotného zpracování plastů při vstřikování se použitím recyklátu mohou zlepšovat mechanické a chemické vlastnosti výrobku, což je v praxi ověřeno obzvláště při zpracování materiálů se skelnými vlákny. Při použití recyklátu nemůžeme vždy zohledňovat pouze kvantitativní úsporu materiálu, ale je nutné brát v potaz i kvalitativní aspekty, respektive vlastnosti celého výrobku. Ty totiž mohou tvořit samotnou úsporu, pokud by výrobek bez recyklátu nemohl plnit svoji primární funkci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Historie vstřikolisů*. Dostupné WWW:< <http://www.amaray.com> >
- [2] *Konstrukční provedení vstřikovacích lisů*. MM průmyslové spektrum, 04. 02. 2009 v rubrice Trendy / Plasty, Strana 30, Dostupné WWW: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/konstrucni-provedeni-vstrikovacich-lisu.html> >
- [3] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: Úvod do vstřikování termoplastů*. 1 vydání. Praha: BEN – technická literatura, 2009. 247 s. ISBN 978-80-7300-250-3
- [4] Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů, Ing. Jiří Bobek, Ph.D., ISBN: 978-80-88058-65-658-65-6, Dostupné WWW:<<https://publi.cz/books/179/Cover.html>>
- [5] KUTA, Antonín. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. vyd.1. Praha: VŠCHT Praha, 1999. 203 s. ISBN 80-7080-367-3
- [6] ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. 1. vyd. Praha, Bratislava: SNTL, Alfa, 1989. 638 s. ISBN DT 678.5(075.8)
- [7] KREBS, J. *Teorie zpracování nekovových materiálů* 3. vydání, TU v Liberci, 2006. 250 s. ISBN 80-7372-133-3
- [8] DLUHOŠ, Jindřich. *Materiály a technologie: Plasty a vybrané nekovové materiály*. 3 vydání. Ostrava: Ostravská univerzita, 1998. 141 s. ISBN 80-7042-131-2
- [9] *Syntetické látky*, Bc. Jan Břížďala, Dostupné WWW:<www.e-chembook.eu>
- [10] LENFELD, P. *Technologie II – 2. část (Zpracování plastů)*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-037-X
- [11] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování*[online]. 2015, [cit. 2016-02-25]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z WWW:< <https://publi.cz/books/184/Cover.html> >
- [12] Materiál od společnosti Forteq Czech s.r.o., FORTEQ S. R. O. *Interní materiál firmy*. 2016.
- [13] Navlhavost a sušení plastů, Ing. Luboš Běhálek, Katedra strojírenské technologie- Technická univerzita Liberec, dostupné WWW: < <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/Intech/Suseni.pdf> >
- [14] Ducháček V.: *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2006. Str. 157. ISBN 80-7080-617-6
- [15] SOVA, Miloš a Josef KREBS. *Termoplasty v praxi: Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*, 5. Aktualit. vyd. Praha: Verlag Dashöfer, 1999-2000. 1 CD-ROM. ISBN 80-86229-15-7

- [16] *Přípravné zpracování plastů, Technologie II*, Katedra strojírenské technologie-Technická univerzita Liberec, dostupné
WWW:< http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm
- [17] Obrázek č. 1, *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*, Ing. Jiří Bobek, Ph.D., ISBN: 978-80-88058-65-6, dostupné WWW: <<https://publi.cz/books/179/02.html>>
- [18] Obrázek č. 2, *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*, Ing. Martin Seidl, ISBN: 978-80-88058-71-7, dostupné WWW:< <https://publi.cz/books/181/Cover.html>>
- [19] Obrázek č. 3, Vstřikovací forma, dostupné WWW:<<http://www.14220.cz/wp-content/uploads/2014/06/obr5.jpg>>
- [20] Obrázek č. 4, 5, 7, 11, 14 *Fotografie od společnosti Forteq Czech s.r.o.*, 2017
- [21] Obrázek č. 6, 8, 9, 10, 12, Motan GmbH, D-88316 Isny im Allgäu 2007, dostupné
WWW:< www.motan-colortronic.com>

SEZNAM ZKRATEK

PE.....	polyethylen
PP.....	polypropylen
PVC.....	polyvinylchlorid
PTFE.....	polytetrafluoretylen
PS.....	polystyren
PMMA.....	polymetylmetakrylát
PES.....	polyester
PET.....	polyethylentereftalát
PA.....	polyamid
PA6.....	polyamid 6
PUR.....	polyuretan
FIFO.....	first in, first out
ABS.....	akrylonitril butadien styren
PC.....	polykarbonát
POM.....	polyoximethylen
PVC.....	polyvinylchlorid
ATTN.....	automatic temperature and dew-point
SPS.....	standby power supply
IMD.....	integrated metal detection

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Vstřikovací stroj [17]	5
Obrázek 2 Vstřikovací jednotka a její části [18].....	7
Obrázek 3 Hlavní části vstřikovací formy [19]	8
Obrázek 4 Skladování materiálu v oktabínech [20].....	15
Obrázek 5 Skladování materiálu v polyetylenových pytích [20]	16
Obrázek 6 Schéma sucho vzdušné sušárny [21]	18
Obrázek 7 Zařízení Aquatrac [20]	20
Obrázek 8 Potrubní doprava materiálů s využitím skelných oblouků [21]	22
Obrázek 9 Vývěva s integrovaným frekvenčním měničem [21]	22
Obrázek 11 Neodymový magnetický separátor [20]	24
Obrázek 12 Jednotka gravimetru [21]	25
Obrázek 14 Pomaluběžný zubový mlýn [20].	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Srovnání kloubového a přímého hydraulického uzavíracího systému	6
Tabulka 2 Rozdělení plastů dle obsahu vlhkosti	17
Tabulka 3 Kalkulace nákladů bez využití recyklátu	33
Tabulka 4 Kalkulace nákladů s plným využitím recyklátu.....	34
Tabulka 5 Kalkulace nákladů s maximálním obsahem recyklátu.....	34